

曲線ランプ橋におけるゴム支承の引張特性を考慮した地震応答解析および ゴム支承のコンパクト化について

九州大学大学院 学生会員 ○岩本周哲 (株) ビービーエム 正会員 植田 健介
九州大学大学院 正会員 崔 準祐

1. 目的

曲線橋では、地震時における挙動が複雑になることが予想され、上部構造に生じる橋軸回りのモーメントより、地震時にゴム支承に上揚力（以降、引張力）が生じる可能性が考えられる。これまでゴム支承のせん断特性や圧縮特性については多くの研究がなされているが、引張特性については研究の事例が少なく、十分な知見が得られていないため、現在の設計ではゴム支承の引張特性を適切に考慮していない。

そこで本研究では曲線ランプ部の仮想橋を対象とし、既往の実験¹⁾を参考にしてゴム支承の引張特性を反映したゴム支承の解析モデルを提案し、現在の設計で用いられているモデルとレベル 2 地震動に対する動的応答値を比較し、曲線ランプ部橋梁に設置されたゴム支承の地震応答特性とコンパクト化の可能性について検討を行った。

2. 解析対象橋梁

図-1に本研究で対象とした曲線ランプ橋の概要図を示す。本橋は、4径間連続鋼箱桁橋であり、支承はすべて積層ゴム支承を採用し、1支承線上に2基の支承を配置する構造とした。上部構造の縦断勾配は道路構造令の規定を参考に勾配率を5%とし、曲率半径は150mとした。橋脚はRC単柱T型橋脚とした。

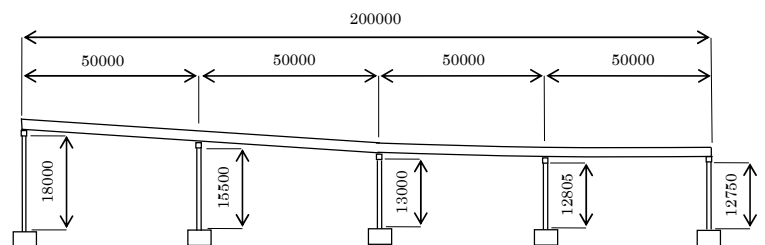


図-1 検討対象橋梁概要図 (単位: mm)

3. 解析モデルと解析条件

図-2に対象橋梁の解析モデルを示す。桁及び橋脚は梁要素で、支承部は 6 方向成分を有するばね要素でモデル化した。支承部については、主桁の接線方向から法線方向に張り出した剛梁と橋脚の張り出し部の剛梁を連結する構造とした。また、本モデルでは橋脚の柱部のみ材料非線形性を考慮しており、非線形復元力特性はトリリニア型武田モデルを使用した。橋脚基部はすべて固定とし、地盤ばねを考慮していない。入力地震動は、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編²⁾に記載されている標準波のレベル 2 地震動タイプ II-II の 3 波を用いることとした。解析手法は Newmark- β 法 ($\beta=0.25$) による直接積分法を用い、積分時間間隔は 0.01 秒、減衰は Rayleigh 減衰により評価した。また、支承の水平剛性および鉛直剛性に関しては、道路橋支承便覧³⁾を参考にして算定した。また、積層ゴム支承の回転条件は、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編²⁾を参考にし、橋軸回りに対しては固定、橋軸直角回りと鉛直軸回りに対してはフリーとした。

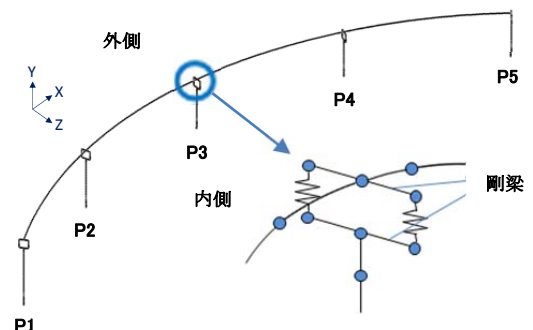


図-2 解析モデル

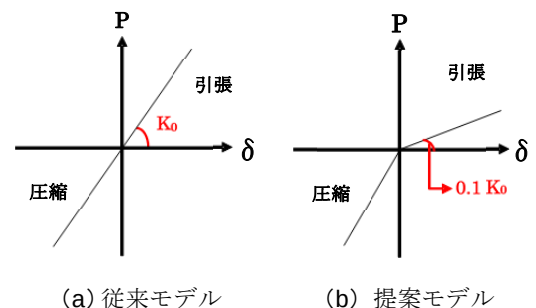


図-3 ゴム支承のモデル化

4. 従来モデルと提案モデルのゴム支承の地震応答特性

ゴム支承の従来モデルは図-3 (a) に示すように圧縮剛性と引張剛性を等しく評価するのが一般的である。しかし、既往の引張実験¹⁾では、ゴム支承の引張剛性は圧縮剛性の 10%~15%程度と小さいことが明らかとなっており、本研究ではこの実験結果を参考に、ゴム支承の引張剛性を圧縮剛性の 10%と小さく評価したモデルを提案した。この提案モデルと従来モデルを用いて地震応答解析を行い、支承部に生じる鉛直方向反力を調べた。

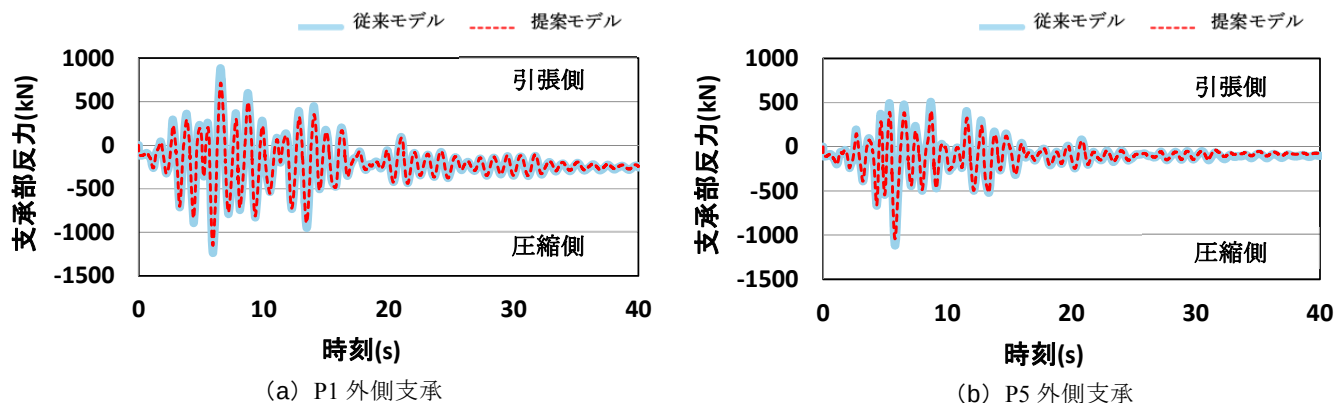


図-4 従来モデルと提案モデルの反力の時刻歴応答（入力地震動：道示タイプⅡ-Ⅱ-1）

P1, P5 支承部の時刻歴応答を図-4 に示す．従来モデルと提案モデルの最大応答反力差は，引張側で 170kN，圧縮側で 88kN であり，従来モデルよりも提案モデル方が圧縮側と引張側どちらに対しても応答値が小さくなった．このように，ゴム支承の引張特性を考慮すると，ゴム支承部に生じる反力は圧縮側，引張側ともに現在考えられている設計手法より小さく評価される可能性があることがわかった．

5. ゴム支承のコンパクト化

前章の結果を踏まえ，ゴム支承の引張特性を反映した提案モデルを導入することでゴム支承をより小さく製作することが可能であると考え，ここでは従来モデルで設計基準を満たしていた 800mm×800mm×100mm 寸法のゴム支承がどれほどコンパクト化できるかについて検討を行った．ゴム支承の幅と高さを変化させながら試行錯誤の検討を行った結果，650mm×650mm×100mm の寸法までコンパクト化が可能であることがわかった．このコンパクト化されたゴム支承を用いて地震応答解析を行い，支承部に生じる圧縮反力，引張反力，せん断変位の最大値を求め，道路橋支承便覧³⁾で示されているそれぞれの許容値と比較を行ったところ，図-5 に示すような結果となった．許容値は，引張反力が 845kN，圧縮反力が-3380kN，せん断ひずみが 250mm であるが，すべての項目においてゴム支承の設計許容値を満たしていた．したがって，本研究で対象とした橋梁では，提案モデルを用いることにより 800mm×800mm×100mm のゴム支承を 650mm×650mm×100mm までコンパクト化することができ，体積としては約 35%削減できることがわかった．

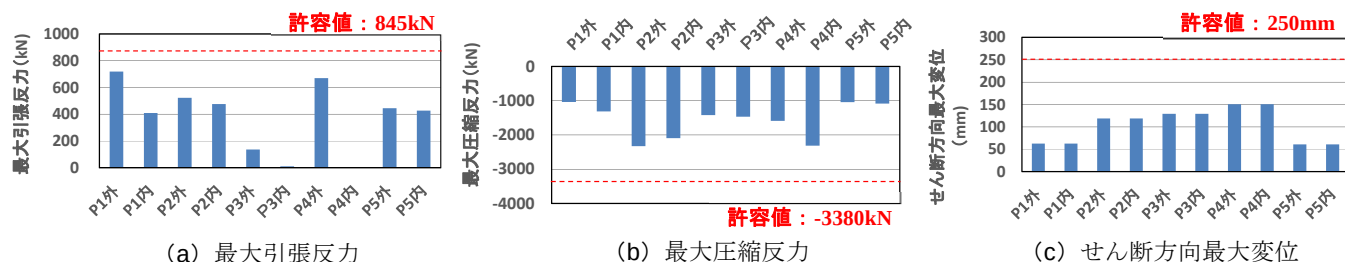


図-5 提案モデルを用いたゴム支承のコンパクト化（ゴム支承サイズ：650mm×650mm×100mm）

6. 結論

曲線ランプ橋におけるゴム支承の引張特性を考慮した地震応答解析を行ったところ，引張特性を考慮していない従来モデルに比べ，支承部の圧縮側，引張側の鉛直反力が小さくなることがわかった．また，ゴム支承の引張特性を解析モデルに反映することにより，ゴム支承を現在の設計手法で設計される大きさよりコンパクト化することが可能であると考えられる．

参考文献

- 1) 植田健介，星隈順一，岡田太賀雄，堺淳一：鉛プラグ入り積層ゴムの引張方向の特性に関する実験，土木学会第 64 回年次学術講演会，2009
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012
- 3) (社)日本道路協会：道路橋支承便覧，2004